

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-335288
 (43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int. Cl. H01L 21/304
 B24B 49/12
 G01B 11/06

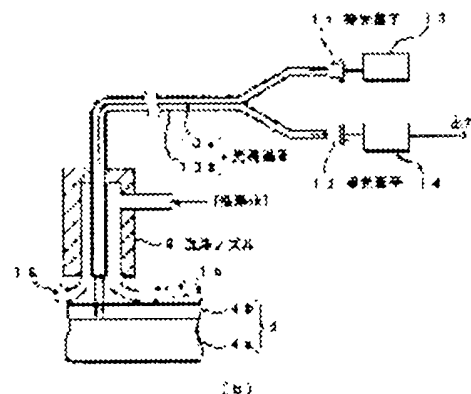
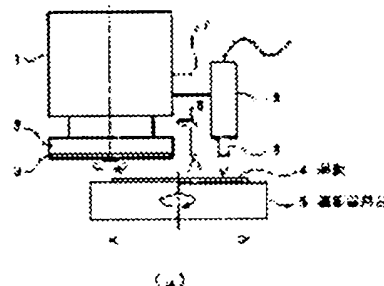
(21)Application number : 09-147399 (71)Applicant : SONY CORP
 (22)Date of filing : 05.06.1997 (72)Inventor : SATO SHUZO
 OTORII SUGURU

(54) SUBSTRATE-POLISHING APPARATUS AND POLISHING FINAL POINT DETECTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To more simply form an optical path for measurement of a film thickness in a substrate-polishing apparatus in which a film thickness measurement in an in-process is realized optically.

SOLUTION: This polishing apparatus is adapted, such that the surface of a substrate 4 is polished with the polishing action of an abrasive, pushing a pad surface of a polishing plate 2 against a substrate 4 held with a substrate- holding table 5. In this case, there are provided a cleaning nozzle 9 disposed facing the surface of the substrate 4 to be processed during the polishing for removing hindrance matter to measurement, containing the abrasive from the surface to be processed, flexible light transmission pipes 10a, 10b disposed with the one ends opposite a cleaned area of the surface to be processed by the cleaning nozzle 9, and film thickness measurement means (11, 12) for optically measuring the film thickness on the substrate 4 through the light transmission pipes 10a, 10b.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) : 1998, 2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

10-335382

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Substrate polish equipment which carries out polish processing of the front face of the aforementioned substrate by scouring of an abrasive material, forcing the pad side of a polish plate on the substrate held on the substrate maintenance base characterized by providing the following. A washing means to remove the measurement prevention object which is arranged in the processed field of the aforementioned substrate under polish processing possible [opposite], and contains the aforementioned abrasive material from the processed field. The flexible optical flow pipe which make an end counter the washing field of the aforementioned processed field by the aforementioned washing means, and it comes to arrange. A thickness-measurement means to measure the thickness on the aforementioned substrate optically through the aforementioned optical flow pipe.

[Claim 2] Forcing the pad side of a polish plate on the substrate held on the substrate maintenance base irradiating light in grinding the aforementioned substrate by scouring of an abrasive material in the processed field of the aforementioned substrate. It is the polish terminal point method of detection which detects the reflected light from the processed field, and detects a polish terminal point based on the detection result. When grinding the transparency film formed on the aforementioned substrate, by detecting the point of inflection of a reflection factor curve based on the principle of multiplex interference reflection. It is the polish terminal point method of detection characterized by detecting a polish terminal point by presuming ***** of the aforementioned transparency film by time management until it computes ***** of the aforementioned transparency film in the detection time and next detects the point of inflection of the aforementioned reflection factor curve.

[Claim 3] In the polish terminal point method of detection according to claim 2, when the point of inflection of the aforementioned reflection factor curve is detected. It asks for the last polish rate based on ***** of the aforementioned transparency film which it is at the detection time and was computed, and ***** of the aforementioned transparency film at the detection time of the point of inflection of the aforementioned reflection factor curve detected just before it. The polish terminal point method of detection characterized by detecting a polish terminal point by presuming ***** of the aforementioned transparency film until it next detects the point of inflection of the aforementioned reflection factor curve by time management using a polish rate just before [this] asking.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] In case this invention grinds transparency films, such as a layer insulation film especially formed on the semiconductor substrate, with high precision about the substrate polish equipment and the polish terminal point method of detection which grind forcing the pad side on a polish plate on the substrate held on the polish maintenance base, it is used, and it is suitable.

[0002]

[Description of the Prior Art] semiconductor process technology rushed into the quarter micron time from the sub half micron, and has twisted the flattening technology in a VLSI process as [take / as one of the independent component engineerings] like other detailed-ized processing technology As for the reason, flattening technology is very important for the densification and detailed-izing of a semiconductor device, and it is because it considers as the technical conclusive factor for the scale down of a device. The importance is increasing as device structure forms 3 dimension and electrode wiring multilayer-structure-izes especially. By the way, in recent years, the CMP (chemical mechanical polishing) method attracts attention as global flattening technology of the layer insulation film in a semiconductor process. The substrate polish equipment used for this CMP method grinds a substrate front face globally by chemical scouring and mechanical scouring of an abrasive material (slurry) which were supplied during processing, carrying out the pressure welding of the substrate (processed substrate) and polish pad of a polish plate of each other with which the substrate maintenance base was equipped.

[0003] However, this kind of substrate polish equipment [each] is a thing on the extension wire of existing polishing equipment, and the present condition is having not fully satisfied the demand of the process tolerance to develop. Especially about the variation of the inside of a lot, or lot-to-lot thickness, although management by setup of floor to floor time is performed, it cannot respond to various factors changed each time, such as the change factor of the amount of polishes around unit time (polish rate), for example, the blinding of a polish pad, a polish processing pressure, the amount of supply of an abrasive material, and temperature environment of the substrate circumference. Moreover, although measuring by the measuring devices (ellipsometer etc.) of exclusive use of the thickness after processing, feeding this back to substrate polish equipment, and controlling thickness is also performed, since the measurement data of the thickness obtained from the substrate [finishing / polish] cannot respond to the above-mentioned change factor, either, the variation in the inside of a lot or lot-to-lot thickness will arise too.

[0004] Then, in the former, the detecting method using torque change of a motor which drives a polish plate, and the detecting method by the detection head which combined a fluid micrometer and the optical pickup are proposed as a terminal point detecting method in an in process (under polish processing) also besides detecting a polish terminal point by time management. Among these, the former is what used change of the polish resistance by the quality of the

material of a processed field changing at the time of a polish terminal point, and detects a polish terminal point by acting as the monitor of the change of the polish resistance from motor torque. On the other hand, the latter detects a polish terminal point by an optical pickup detecting optically the position of a reflector used as the datum level of a thickness measurement, and detecting the residual membrane of an insulator layer from those differences while detecting the distance to the processed field of an insulator layer with a fluid micrometer.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the case of the former, in the case where quality-of-the-material change takes place at a polish terminal point, although it is effective (for example, when the silicon of a ground is exposed in the process which grinds the oxide film etc.) A top inadequate in precision, since change of motor torque does not appear notably at a polish terminal point, detection of a polish terminal point will become impossible in the case where he wants to carry out flattening of the irregularity of the front face of the same film to high degree of accuracy (about $\pm 100\text{nm}$ or less), substantially. Moreover, also by the case of the latter, during polish processing, since an abrasive material intervenes between a substrate and a detection head or foreign matters, such as polish waste and dust, intervene, position detection of the reflector (metrics side) by the optical pickup becomes very difficult. Therefore, terminal point detection could be performed only into the rinse at the time of a processing end or processing discontinuation, and it was not able to be said that the thickness measurement in a perfect in process was realized.

[0006] Then, these people have proposed new substrate polish equipment on the Japanese-Patent-Application-No. No. 182001 [eight to] specifications that the highly precise thickness measurement in an in process should be realized. Arranging the head for thickness measurements with this substrate polish equipment, so that the processed field of the substrate under polish processing may be countered, giving a substrate washing function to this head for thickness measurements, and removing a measurement prevention object (an abrasive material being included) from a processed field, by measuring the thickness on a substrate optically through the optical path formed in the head for thickness measurements, the polish terminal point is made exact as detection is possible.

[0007] However, with the substrate polish equipment of point **, it includes in the head for thickness measurements mentioned above free [rotation of the Flushing head]. Since it had become the composition of securing the optical path for thickness measurements simultaneously with washing of a substrate by preparing the boss for optical-path formation and supplying the pure water for substrate washing through this boss on the medial axis of this Flushing head The maker style for optical-path formation and optical adjustment became complicated and large-scale. Moreover, since the optical system for thickness measurements needed to be incorporated near the head for thickness measurements, when it was not the place which can secure sufficient installation space, it was difficult to incorporate a thickness-measurement system.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In the substrate polish equipment which carries out polish processing of the front face of a substrate by scouring of an abrasive material, forcing the pad side of a polish plate on the substrate which it was made in order that this invention might solve the above-mentioned technical problem, and was held on the substrate maintenance base A washing means to remove the measurement prevention object which is arranged in the processed field of the substrate under polish processing possible [opposite], and contains an abrasive material from the processed field. It has composition equipped with the flexible optical flow pipe which make an end counter the washing field of the processed field by this washing means, and it comes to arrange, and a thickness-measurement means to measure the thickness on a substrate optically through this optical flow pipe.

[0009] In the substrate polish equipment which consists of the above-mentioned composition, it becomes possible to secure the optical path for thickness measurements easily only by making the end of an optical flow pipe face the washing field of the processed field by the washing

means, and arranging, and since the optical flow pipe moreover has flexibility, it becomes possible to bend the optical path for thickness measurements free, and to form it.

[0010]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, it explains in detail, referring to a drawing about the form of operation of this invention. Drawing 1 is drawing explaining 1 operation form of the substrate polish equipment concerning this invention, and it is the schematic diagram in which (a) shows the side schematic diagram, and (b) shows the important section composition among drawing.

[0011] First, in drawing 1 (a), the disc-like polish plate 2 is attached in the soffit section of a main shaft 1, and the undersurface of the polish plate 2 is equipped with the polish pad 3 which consists of firing polyurethane etc. The main shaft 1 is supported possible [rise and fall] by the elevator style which is not illustrated. Moreover, the drive motor which is not illustrated is arranged above a main shaft 1, and it has composition in which the polish plate 2 carries out a rotation drive in response to the driving force of this drive motor.

[0012] On the other hand, adsorption maintenance of the substrates 4, such as a semiconductor wafer used as a workpiece, is carried out by for example, vacuum length on the upper surface of the substrate maintenance base 5 which makes a plane view round shape. This substrate maintenance base 5 is carried in the slide table which is not illustrated, and is movable to the longitudinal direction in drawing with the slide table. Moreover, the above-mentioned main shaft 1 is approached above the substrate maintenance base 5, the nozzle 6 for abrasive material supply is arranged, and an abrasive material is supplied to substrate 4 front face on the substrate maintenance base 5 (processed field) from this nozzle 6.

[0013] Furthermore, the centrum material 8 is attached in the main shaft 1 through the support arm 7. As shown in drawing 1 (b), the washing nozzle 9 as a washing means is included in this centrum material 8. The washing nozzle 9 approaches during polish processing in the washed field of a substrate 4, is not arranged at an opposite state, turns to the processed field of a substrate 4 penetrant removers, such as pure water supplied from the water supply system which is not illustrated, and blows off, and the duty which removes the measurement prevention object which contains an abrasive material from a processed field by this is achieved.

[0014] Moreover, the flexible optical flow pipes 10a and 10b which consist of two optical fibers are built into the interior of the centrum material 8 with the above-mentioned washing nozzle 9. The end side of each optical flow pipes 10a and 10b is inserted in the interior of the washing nozzle 9. And it is arranged so that the end of each optical flow pipes 10a and 10b may counter the washing field of the processed field of the substrate 4 by the washing nozzle 9.

[0015] on the other hand -- the other end side of the optical flow pipes 10a and 10b -- two forks -- it is divided into the **, the light emitting device 11 which consists of a Light Emitting Diode (Light Emitting Diode) is connected to the other end of one optical flow pipe 10a, and the photo detector 12 which consists of a photodiode is connected to the other end of another optical flow pipe 10b Furthermore, the power supply 13 for driving this is connected to a light emitting device 11, and the amplifier 14 for making the output signal amplify is connected to the photo detector 12. These light emitting devices 11 and photo detectors 12 serve as a thickness-measurement means to measure the thickness on a substrate 4 optically through the optical flow pipes 10a and 10b.

[0016] Then, the procedure in the case of grinding a substrate 4 using the substrate polish equipment which consists of the above-mentioned composition is explained. First, after setting a substrate 4 to the upper surface of the substrate maintenance base 5 in polish processing, the polish plate 2 and the substrate maintenance base 5 are rotated in this direction, respectively. Next, the horizontal displacement of the substrate maintenance base 5 is carried out with the slide table which is not illustrated, and the substrate maintenance base 5 is arranged under the polish plate 2 by this. The polish plate 2 is dropped with a main shaft 1, supplying an abrasive material from a nozzle 6 in this state, since it will be in the state where the polish pad 3 with which the polish plate 2 was equipped, and the substrate 4 set to

the substrate maintenance base 5 countered at this time.

[0017] Thereby, after the polish plate 2 and the substrate maintenance base 5 have rotated in this direction mutually, the polish pad 3 is pushed against the processed field of a substrate 4 by the predetermined pressure. At this time, while the substrate maintenance base 5 rotates, both-way movement is carried out at the longitudinal direction in drawing. An abrasive material is involved in among both (pressure-welding interface) by being displaced relatively, diffusing the abrasive material supplied from the nozzle 6 on the processed field of a substrate 4, and a substrate 4 carrying out a pressure welding to the polish pad 3 further by rotation of the substrate maintenance base 5, by this. Consequently, in order for the polish pad 3 and a substrate 4 to rub through an abrasive material, the processed field of a substrate 4 is ground by chemical scouring and mechanical scouring of an abrasive material.

[0018] The point (exhaust nozzle of a penetrant remover) of the washing nozzle 9 approaches the processed field of a substrate 4 with downward operation of a main shaft 1 which carried out point ** during this polish processing, opposite arrangement is carried out and a penetrant remover is injected from the washing nozzle 9 in this state. In the local field (washing field) of the washing nozzle 9 and the substrate 4 which counters, the measurement prevention objects 15, such as polish waste generated in the abrasive material supplied from the nozzle 6 or polish processing and a foreign matter further mixed during polish, are removed with injection of this penetrant remover. Thereby, the washing nozzle 9 and the local field of the substrate 4 which counters come to be held during polish processing at the pure state where the measurement prevention object 5 does not intervene.

[0019] In this way, to the local field of the substrate 4 held at the pure state, the light by which outgoing radiation was carried out is irradiated by the drive of the light emitting device 11 accompanying the electric power supply from a power supply 13 through one optical flow pipe 10a in the processed field of a substrate 4 from the light emitting device 11. The reflected light (return light) reflected the processed field is received by the photo detector 12 through optical flow pipe 10b of another side in that case. At this time, from a photo detector 12, the electrical signal according to the strength of the reflected light is outputted, and the output signal is further outputted to the device control system which it is amplified by level predetermined with amplifier 14, and is not illustrated. When the thickness information on predetermined film 4b on silicon-substrate 4a which becomes the base of a substrate 4, for example is acquired by the device control system and the acquired thickness information reaches regular thickness based on this output signal, it is judged as a polish terminal point, and the control signal of the purport which ends polish processing is outputted.

[0020] If it does so, after the polish plate 2 will go up with a main shaft 1, rotation of the polish plate 2 and the substrate maintenance base 5 stops. Moreover, supply of the abrasive material from a nozzle 6 and injection of the penetrant remover from the washing nozzle 9 are also stopped. Since this will be in the state where the polish pad 3 estranged from the processed field of a substrate 4, the substrate maintenance base 5 returns to an initial valve position with the slide table which is not illustrated in this state, and a series of polish processings per substrate are ended at this time. Incidentally, in the state of the semiconductor wafer before polish processing, the thickness distribution has the variation which is usually about several % rather than is uniform. Therefore, since it becomes that to which the output signal from a photo detector 12 was also changed about several% when measuring the thickness on the rotating wafer, it is necessary to perform signal processing, such as equalization, in fact.

[0021] Thus, in the substrate polish equipment of this operation form, the end of the optical flow pipes 10a and 10b is made to face the washing field of the processed field by the washing nozzle 9, it only arranges, and the optical path for thickness measurements can be secured easily, and since the optical flow pipes 10a and 10b moreover have flexibility, the optical path for thickness measurements can be bent free, and can be formed. While the complicated maker style for optical-path formation, troublesome optical-axis adjustment, etc. become

unnecessary by this, it becomes possible to secure the optical path for thickness measurements easily by incorporating the optical flow pipes 10a and 10b also to which part of substrate polish equipment. Moreover, within the pipe of the optical flow pipes 10a and 10b, since light is guided in the state where it was completely intercepted with the exterior, a thickness-measurement system (optical system) strong enough can be built also to noises, such as disturbance light. Furthermore, since the optical element for a thickness measurement (a light emitting device 11, photo-detector 12 grade) and the attaching position of the appurtenance (a power supply 13, amplifier 14 grade) can be arbitrarily set up by bending suitably the optical flow pipes 10a and 10b, and attaching them, restrictions of an installation space are eased sharply. This becomes possible to various kinds of substrate polish equipments (CMP equipment) to carry a thickness-measurement system in a desired position easily.

[0022] Drawing 2 is drawing showing the example of loading of the thickness-measurement system to substrate polish equipment. First, in the example of loading of drawing 2 (a), the centrum material 8 is supported by the fixed base 16 of substrate polish equipment through the support arm 17, and where a nozzle point is projected from the soffit of this centrum material 8, the washing nozzle 9 is attached. Moreover, insertion arrangement of the end side of the optical flow pipes 10a and 10b is carried out like previous drawing 1 (b) at the washing nozzle 9. And opposite arrangement of the point of the washing nozzle 9 is carried out in the form close to the substrate 4 held during polish processing at the substrate maintenance base 5, and it has the composition that the thickness on a substrate 4 is measured by the optical measurement which minded the optical flow pipes 10a and 10b like the above.

[0023] On the other hand, in the example of loading of drawing 2 (b), the centrum material 8 is supported through the support arm 20 by the slide table 19 which comes to carry the substrate maintenance base 5, and it has the composition that the washing nozzle 9 and the optical flow pipes 10a and 10b were built into this centrum material 8 like previous drawing 1 (b).

[0024] As opposed to the substrate polish equipment of the type which, on the other hand, presses the substrate 4 which carried out adsorption maintenance at the undersurface side of the substrate maintenance base 5 against the polish pad 3 on the polish plate 2 which has the diameter of the double-precision strength of the substrate diameter from the upper part in the example of loading of drawing 2 (c) The washing nozzle 9 is laid under the polish plate 2, and when the polish plate 2 and the substrate maintenance base 3 rotate at the time of polish processing, the point of the washing nozzle 9 has composition which approaches and counters a substrate 5.

[0025] Among these, in the example of loading of drawing 2 (a), since both-way movement is carried out in the direction of the arrow in drawing to the washing nozzle 9 fixed by the fixed base 16 in position while the substrate maintenance base 5 rotates during polish processing, as shown in drawing 3 (a), on the occasion of a thickness measurement, it can act to the shape of a spiral as the monitor of the processed field of a substrate 4 over the whole surface. Moreover, about the thickness-measurement point on the processed field of a substrate 4, it can specify by computing from the position in the both-way move direction of the substrate maintenance base 5, and its angle of rotation. Such a point can say that the same is said of the substrate polish equipment shown in previous drawing 1.

[0026] On the other hand, in the example of loading of drawing 2 (b), since the washing nozzle 9 moves united with this when the slide table 19 carrying the substrate maintenance base 5 carries out both-way movement, in the move direction of the slide table 19, the relative position of a substrate 4 and the washing nozzle 9 is held [be / under / polish processing / setting / it] uniformly. Thereby, on the occasion of a thickness measurement, as shown in drawing 3 (b), it can always act as the monitor of the position on the concentric circle which separated only the specified quantity from the center of a substrate 4. Moreover, in drawing 2 (b), it becomes possible by supporting the centrum material 8 possible [movement] to the diameter direction of the substrate maintenance base 5 to change the thickness-measurement point into arbitrary positions in the diameter direction of a substrate 4. In such a measurement environment, it becomes possible to measure thickness optically by always acting as

the monitor of the specific portion, in case the semiconductor wafer which has a device pattern is ground, without being influenced of pattern grounds (silicon, wiring aluminum, etc.). Moreover, for a certain reason, the edge portion of a semiconductor wafer can be effectively used also as a monitor for preventing such superfluous polish beforehand, when ground more superfluously than other portions.

[0027] On the other hand, in the example of loading of drawing 2 (c), since it passes through the processed field top of a substrate 4 by the locus from which the washing nozzle 9 laid under this whenever the polish plate 2 made one revolution differs, respectively, as shown in drawing 3 (c), on the occasion of a thickness measurement, it can act as the monitor of the processed field of a substrate 4 at random over the whole surface.

[0028] By the way, it sets to the manufacturing process of a semiconductor wafer. As shown in drawing 4 (a), on the layer insulation film 21 of the shape of irregularity which carried out pattern formation on the silicon substrate 20 For example, as the laminating of the metal membrane 22 which consists of copper (Cu) is carried out, flattening polish is carried out with CMP equipment or the concavo-convex portion of the metal membrane 22 is shown in drawing 4 (b) The laminating of the layer insulation film 25 was carried out after the metal wiring 24 which carried out pattern formation on the silicon substrate 23, flattening polish of the concavo-convex portion of the layer insulation film 25 was carried out with CMP equipment, and such combination has realized multilayer-interconnection structure.

[0029] Since the layer insulation film 21 of furring is exposed in the process which grinds this and the reflection factor in respect of [processed] changes with these a lot when grinding the reflective film of metal membrane 22 grade in that case, as shown in drawing 4 (a), a polish terminal point is exactly detectable by detecting the changing point.

[0030] On the other hand, when the thickness of a convention of the thickness which asked for the formula based on [since the point that a reflection factor changes a lot as mentioned above in the polish process when grinding so that it may become the thickness of a convention of the transparency film of layer insulation film 25 grade, as shown in drawing 4 (b) does not appear / as follows] the principle of multiplex interference reflection in such a case to thickness, and was obtained by this was reached, it is judged as a polish terminal point.

[0031] Drawing 5 is drawing for explaining the principle of the thickness measurement based on a multiplex interference reflection method.

First, the refractive index S of a λ :wavelength ϕ :incident-angle d :thickness F :film: When it is the refractive index of a ground (silicon), reflection factor: R is expressed by the formula of multiplex interference reflection like the following several 1 formulas.

[0032]

[Equation 1]

$$R = \frac{(1-F^2) * (F^2+S^2) - 4 * F^2 * S - (1-F^2) * (F^2-S^2) * \cos D}{(1+F^2) * (F^2+S^2) + 4 * F^2 * S + (1-F^2) * (F^2-S^2) * \cos D}$$

[0033] If the number 1 above-mentioned formula is furthermore developed, it will become like the following several 2 formulas.

[0034]

[Equation 2]

$$\cos D = \frac{R * [(1+F^2) * (F^2+S^2) - 4 * F^2 * S] - [(1+F^2) * (F^2+S^2) - 4 * F^2 * S]}{(1-R) * (1-F^2) * (F^2-S^2)}$$

[0035] Here, if $D = 4 \pi \cdot d \cdot F / \lambda$ in the case of vertical incidence ($\phi = 0$ degree) is substituted for the number 2 above-mentioned formula, thickness: d becomes the following several 3 formulas, and if each refractive index is known, it is computable [it is $D = 4 \pi \cdot d$ and $(F^2 - \sin^2 \phi) / 2 / \lambda$, and d] as a function of reflection factor: R .

[0036]

[Equation 3]

$$d = \frac{\lambda}{4\pi \cdot F} \cdot \cos^{-1} \frac{R \cdot [(1+F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S] - [(1+F^2) \cdot (F^2+S^2) - 4 \cdot F^2 \cdot S]}{(1-R) \cdot (1-F^2) \cdot (F^2-S^2)}$$

[0037] However, since \cos^{-1} is the function of periodic 2π in several 3 formulas, two or more solutions of thickness: d will exist in every $\lambda/2F$ from one reflection factor. Then, two or more of those solutions are limited to one solution by one method of (1) - (4) described below, and thickness: d is specified.

(1) How to specify from the reflection factor change by method (4) incident-angle change specified from the reflection factor change of P polarization component and S polarization component by the method (2) method (3) polarization which is specified by limitation of a tolerance zone, and which is specified by measurement used two waves [0038] Here, when grinding transparency films, such as a layer insulation film, as mentioned above, in order to detect a polish terminal point exactly, it is necessary to measure thickness on real time by fine time serration. Data processing will become very complicated in order to carry out frequently also about the operation for thickness calculation corresponding to the time serration in such a case. Then, in this invention, we decided to detect a polish terminal point by method which is mentioned later.

[0039] First, when measuring the thickness of a transparency film optically based on the principle of multiplex interference reflection, the reflection factor curve serves as a sine wave by existence of an interference fringe. Since the interval of the point of inflection (a peak, bottom) of a reflection factor curve is expressed with $\lambda/4$ and Nf

(λ : luminescence wavelength, n : refractive index of Nf : film) at this time, thickness in the meantime becomes a membrane type and a thing depending on the source of luminescence. Drawing 6 and drawing 7 are what shows the relation between thickness and a reflection factor for every membrane type when the luminescence wavelength in the source of luminescence is 632.8nm and 685nm. The membrane type which drawing 6 (a) becomes from SiN (silicon nitride)/Si (silicon), the membrane type which drawing 6 (b) becomes from P-Si (contest polysilicon)/SiO₂ (silicon oxide), the membrane type which drawing 7 (a) becomes from SiO₂ / Si, and drawing 7 (b) -- P-Si/SiO₂ from -- the reflection factor curve in the case of the becoming membrane type is shown. He can understand that these drawings to the thickness between the point of inflection of a reflection factor curve (between a peak and bottoms) is dependent on a membrane type and the source of luminescence.

[0040] Drawing 8 shows the relation between luminescence wavelength and the thickness between point of inflection (peak bottom) by the tabular format for every membrane type. Here, the membrane type set as the object of a thickness measurement is SiO₂. And when luminescence wavelength adopts Light Emitting Diode which is 660nm, the thickness between the peak-bottoms of the reflection factor curve is set to 113.32nm, and can be found. Therefore, it becomes possible by detecting the point of inflection (a peak, bottom) of a reflection factor curve during substrate polish to ask for the thickness on a substrate correctly in a 113.32nm thickness pitch.

[0041] Even if it does not adopt the expensive helium-Ne laser excellent in wavelength stability etc. in incidentally detecting the point of inflection of a reflection factor curve since even the main wavelength should be just stable especially, as shown in drawing 9, it can fully respond by low general-purpose Light Emitting Diode of the coherence from which the luminescence intensity stabilized in 660nm used as the main wavelength is obtained.

[0042] By the method of this invention, then, by detecting the point of inflection of a reflection factor curve based on the principle of multiplex interference reflection during polish processing it carries out to if ***** of the transparency film in the detection time is computed according to the formula mentioned above. Then, thickness calculation of a transparency film was not performed until the point of inflection of a reflection factor curve was detected (i.e., until the thickness of a transparency film decreased by the thickness

corresponding to the membrane type and luminescence wavelength), but we decided to detect a polish terminal point by presuming ***** of a transparency film by time management in the meantime.

[0043] Since it appears whenever this change component will grind one substrate (wafer) as shown in drawing 10 supposing a time change (change of a polish rate) of the amount of polishes decided by the performance of for example, substrate polish equipment is **5% here, if a polish terminal point is detected only by time management, the error of the amount absolute value of processings at the time of carrying out polish processing of the 1000nm, for example will be set to no less than **50nm, so that, as for such a processing error, the amount of processings (floor to floor time) increases -- large -- becoming -- moreover -- continuing -- many -- when grinding several substrates, it becomes gross errors further and appears

[0044] On the other hand, since it is made for the combination of the thickness calculation and time management by detection of the point of inflection of a reflection factor curve to detect a polish terminal point by the method of this invention, That what is necessary is to perform data processing for thickness calculation only when the point of inflection of a reflection factor curve is detected Moreover, it is at the detection time, and since ***** of a transparency film can be grasped correctly, it becomes possible by dividing for every thickness pitch between the point of inflection (peak-bottom) of a reflection factor curve, and presuming ***** of a transparency film by time management to detect a polish terminal point exactly, consequently, even if it does not perform data processing for thickness calculation frequently, irrespective of the amount of processings, or processing number of sheets, the error of the amount absolute value of processings can be boiled markedly, and can be made small

[0045] This to SiO₂ Since the thickness between the peak-bottoms of the reflection factor curve at the time of adopting Light Emitting Diode whose luminescence wavelength is 660nm though change of the polish rate by the equipment performance is **5% is 113.32nm when carrying out polish processing only of the 1000nm of the films, the width of face of the amount absolute value of processings can be held down to less than 11.332 by dividing and carrying out time management for every thickness pitch of this. When this is converted into the precision of the amount absolute value of processings, the amount absolute value of processings can be managed in 1/10 or less precision of an equipment performance from **0.56% and a bird clapper.

[0046] When the point of inflection of a reflection factor curve is detected as a still more suitable method based on the principle of multiplex interference reflection like **** It asks for the last polish rate based on ***** of the transparency film which it is at the detection time and was computed, and ***** of the transparency film at the time of detection of the point of inflection of the reflection factor curve detected just before it. Width of face of the amount absolute value of processings can be made small by detecting a polish terminal point by presuming ***** of a transparency film until it next detects the point of inflection of a reflection factor curve using a polish rate just before [this] asking.

[0047] ***** of the transparency film with which ***** of the transparency film which is process in which the point of inflection of a reflection factor curve is detected one by one, is at the arbitrary detection time, and was specifically computed is "d1", is at the next detection time, and was computed is "d2", and when a duration in the meantime is "t", it asks for the polish rate in time "t" by "(d1-d2)/t." Then, although time management will detect the thickness of a transparency film until it detects the point of inflection of a reflection factor curve, since a changed part of the polish rate by the equipment performance can be stopped to the minimum by adopting the polish rate for which it asked like **** in the case of the time management, it becomes possible to raise the precision of the amount absolute value of processings further.

[0048]
[Effect of the Invention] As explained above, the optical path for thickness measurements is securable only by according to the substrate polish equipment of this invention, making the end of an optical flow pipe face the washing field of the processed field by the washing means, and arranging, and since the optical flow pipe moreover has flexibility, the optical path for

thickness measurements can be bent free, and can be formed. While the complicated maker style for optical-path formation becomes unnecessary by this, it becomes possible to secure the optical path for thickness measurements easily by incorporating an optical flow pipe also to which part of substrate polish equipment. Moreover, since it becomes possible to set up the attaching position of a thickness-measurement means arbitrarily using the flexibility of an optical flow pipe, restrictions of an installation space are also eased sharply.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-335288

(43)公開日 平成10年(1998)12月18日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/304

識別記号

3 4 1

F I

H 0 1 L 21/304

3 4 1 E

3 4 1 M

B 2 4 B 49/12

B 2 4 B 49/12

G 0 1 B 11/06

G 0 1 B 11/06

G

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平9-147399

(22)出願日

平成9年(1997)6月5日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 佐藤 修三

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 大島居 英

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

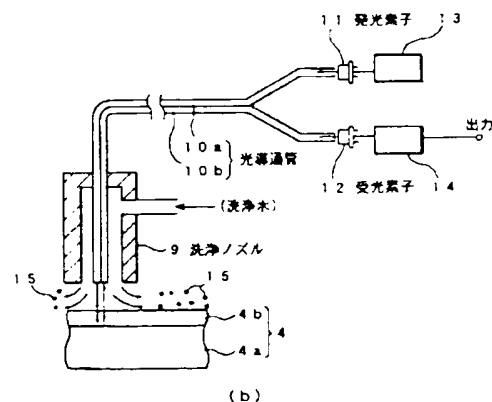
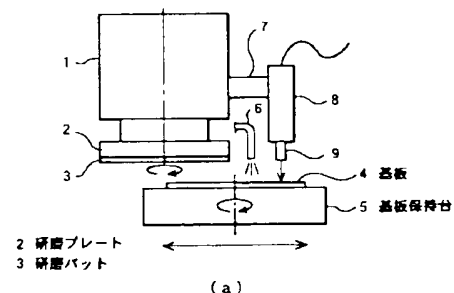
(74)代理人 弁理士 船橋 國則

(54)【発明の名称】 基板研磨装置及び研磨終点検出方法

(57)【要約】

【課題】 インプロセスでの膜厚測定を光学的に実現してなる基板研磨装置において、膜厚測定用の光路をより簡易的に形成できるようにする。

【解決手段】 基板保持台5にて保持した基板4に研磨プレート2のパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって基板4の表面を研磨加工する基板研磨装置において、研磨加工中における基板4の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄ノズル9と、この洗浄ノズル9による被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管10a、10bと、この光導通管10a、10bを通して基板4上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段(11、12)とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板保持台にて保持した基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって前記基板の表面を研磨加工する基板研磨装置において、

研磨加工中における前記基板の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から前記研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄手段と、

前記洗浄手段による前記被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管と、

前記光導通管を通して前記基板上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段とを備えたことを特徴とする基板研磨装置。

【請求項2】 基板保持台にて保持した基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって前記基板を研磨するにあたり、前記基板の被加工面に光を照射しつつ、その被加工面からの反射光を検出し、その検出結果に基づいて研磨終点を検出する研磨終点検出方法であって、

前記基板上に形成された透過膜を研磨する場合、多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出することにより、その検出時点での前記透過膜の残膜厚を算出し、次に前記反射率曲線の変曲点を検出するまでの間は時間管理により前記透過膜の残膜厚を推定することで研磨終点を検出することを特徴とする研磨終点検出方法。

【請求項3】 請求項2記載の研磨終点検出方法において、

前記反射率曲線の変曲点を検出した際に、その検出時点で算出された前記透過膜の残膜厚とその直前に検出した前記反射率曲線の変曲点の検出時点における前記透過膜の残膜厚とに基づいて直前の研磨レートを求め、この求めた直前の研磨レートをを用いて、次に前記反射率曲線の変曲点を検出するまでの間の前記透過膜の残膜厚を時間管理により推定することで研磨終点を検出することを特徴とする研磨終点検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、研磨保持台にて保持した基板に研磨プレート上のパッド面を押し付けつつ研磨を行う基板研磨装置および研磨終点検出方法に関するもので、特に、半導体基板上に形成された層間絶縁膜等の透過膜を高精度に研磨する際に用いて好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体プロセス技術は、サブハーフミクロンからクォータミクロン時代に突入し、VLSIプロセスにおける平坦化技術は他の微細化加工技術と同様に、独立した要素技術の一つとして取り上げられるよう

高密度化・微細化にとってきわめて重要であり、デバイスのスケールダウンのための技術的な決め手とされるからである。特に、デバイス構造が3次元化し、電極配線が多層構造化するにつれてその重要性は高まりつつある。ところで近年では、半導体プロセスにおける層間絶縁膜のグローバル平坦化技術として、CMP（ケミカル・メカニカル・ポリッシング）法が注目を集めている。このCMP法に用いられる基板研磨装置は、基板保持台に装着した基板（被加工基板）と研磨プレートの研磨パッドとを互いに圧接しつつ、加工中に供給した研磨剤（スラリー）の化学的研磨作用と機械的研磨作用によって基板表面をグローバルに研磨するものである。

【0003】しかしながら、この種の基板研磨装置は、いずれも既存のポリッシング装置の延長線上のものであり、高度化する加工精度の要求を十分に満足していないのが現状である。特に、ロット内またはロット間での膜厚のバラツキについては、加工時間の設定による管理が行われているものの、単位時間あたりの研磨量（研磨レート）の変動要因、例えば研磨パッドの目詰まり、研磨加工圧、研磨剤の供給量、基板周辺の温度環境など、その時々に変動する種々の要因に対応できていない。また、加工後の膜厚を専用の測定装置（エリプソメータ等）で測定し、これを基板研磨装置にフィードバックして膜厚を制御することも行われているが、研磨済の基板から得た膜厚の測定データでも上記変動要因には対応できないため、やはりロット内またはロット間での膜厚のバラツキが生じてしまう。

【0004】そこで従来においては、時間管理によって研磨終点を検出すること以外にも、インプロセス（研磨加工中）での終点検出法として、研磨プレートを駆動するモータのトルク変動を利用した検出法や、流体マイクロメータと光ピックアップを組み合わせた検出ヘッドによる検出法が提案されている。このうち前者は、研磨終点時に被加工面の材質が変化することでの研磨抵抗の変動を利用したもので、その研磨抵抗の変動をモータトルクからモニターすることで研磨終点を検出するものである。これに対して後者は、絶縁膜の被加工面までの距離を流体マイクロメータで検出するとともに、膜厚測定の基準面となる反射面の位置を光ピックアップにより光学的に検出し、それらの差から絶縁膜の残膜を検出することで研磨終点を検出するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら前者の場合は、研磨終点で材質変化が起こるケース（例えば、酸化膜を研磨していく過程で下地のシリコンが露出する場合など）では有効であるが、同一膜の表面の凹凸を高精度（ $\pm 100\text{nm}$ 以下程度）に平坦化したいケースでは、精度的に不十分であるうえ、研磨終点でモータトルクの変動が顕著に現れないため、実質的に研磨終点の検出が困難である。後者の場合は、やはり後者の場合で、研

磨加工中は基板と検出ヘッドとの間に研磨剤が介在したり、研磨屑やダストなどの異物が介在するため、光ピックアップによる反射面（測定基準面）の位置検出がきわめて困難になる。そのため、加工終了時または加工中断時のリンス中にしか終点検出が行えず、完全なるインプロセスでの膜厚測定が実現されているとは言えなかった。

【0006】そこで本出願人は、インプロセスでの高精度な膜厚測定を実現すべく、特願平8-182001号明細書にて新規な基板研磨装置を提案している。この基板研磨装置では、研磨加工中における基板の被加工面に対向するように膜厚測定用ヘッドを配設し、この膜厚測定用ヘッドに基板洗浄機能を持たせて被加工面から測定阻害物（研磨剤を含む）を除去しつつ、その膜厚測定用ヘッドに形成した光路を通して基板上での膜厚を光学的に測定することで研磨終点を的確に検出可能としている。

【0007】ところが先願の基板研磨装置では、上述した膜厚測定用ヘッドにフラッシングヘッドを回転自在に組み込み、このフラッシングヘッドの中心軸上に光路形成のための軸孔を設け、この軸孔を通して基板洗浄用の純水を供給することにより、基板の洗浄と同時に膜厚測定用の光路を確保する構成となっていたので、光路形成のためのメカ機構や光学調整が複雑かつ大掛かりなものとなっていた。また、膜厚測定用ヘッドの近傍に膜厚測定用の光学系を組み込む必要があったため、十分な設置スペースを確保できる場所でない膜厚測定系を組み込むことが難しかった。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、基板保持台にて保持した基板に研磨プレートのパッド面を押し付けつつ、研磨剤の研磨作用によって基板の表面を研磨加工する基板研磨装置において、研磨加工中における基板の被加工面に対向可能に配設され、その被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する洗浄手段と、この洗浄手段による被加工面の洗浄領域に一端を対向させて配置してなる可撓性の光導通管と、この光導通管を通して基板上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段とを備えた構成となっている。

【0009】上記構成からなる基板研磨装置においては、洗浄手段による被加工面の洗浄領域に光導通管の一端を臨ませて配置するだけで膜厚測定用の光路を容易に確保することが可能となり、しかもその光導通管が可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することが可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。図1は本発明に係

（a）はその側面概略図、（b）はその要部構成を示す概略図である。

【0011】まず、図1（a）においては、主軸1の下端部に円板状の研磨プレート2が取り付けられ、その研磨プレート2の下面に例えば発砲ポリウレタン等からなる研磨パッド3が装着されている。主軸1は図示せぬ昇降機構により昇降可能に支持されている。また、主軸1の上方には図示せぬ駆動モータが配設され、この駆動モータの駆動力を受けて研磨プレート2が回転駆動する構成となっている。

【0012】これに対して、被加工物となる半導体ウエハ等の基板4は、平面視円形をなす基板保持台5の上面に例えば真空引きにより吸着保持されるようになっている。この基板保持台5は図示せぬスライドテーブルに搭載され、そのスライドテーブルとともに図中左右方向に移動可能となっている。また、基板保持台5の上方には、上記主軸1に近接して研磨剤供給用のノズル6が配設され、このノズル6から基板保持台5上の基板4表面（被加工面）に研磨剤が供給されるようになっている。

【0013】さらに、主軸1には支持アーム7を介して中空部材8が取り付けられている。この中空部材8には、図1（b）にも示すように、洗浄手段としての洗浄ノズル9が組み込まれている。洗浄ノズル9は、研磨加工中に基板4の被洗浄面に近接して対向状態に配置されるもので、図示せぬ給水系から供給される純水等の洗浄液を基板4の被加工面に向けて噴出し、これによって被加工面から研磨剤を含む測定阻害物を除去する役目を果たす。

【0014】また、中空部材8の内部には、上記洗浄ノズル9とともに、例えば2本の光ファイバからなる可撓性の光導通管10a、10bが組み込まれている。各々の光導通管10a、10bの一端側は洗浄ノズル9の内部に挿入されている。そして、洗浄ノズル9による基板4の被加工面の洗浄領域に各々の光導通管10a、10bの一端が対向するように配置されている。

【0015】一方、光導通管10a、10bの他端側は二股状に分かれており、一方の光導通管10aの他端には例えばLED（Light Emitting Diode）からなる発光素子11が接続され、もう一方の光導通管10bの他端には例えばフォトダイオードからなる受光素子12が接続されている。さらに、発光素子11にはこれを駆動するための電源13が接続され、受光素子12にはその出力信号を増幅させるためのアンプ14が接続されている。これらの発光素子11および受光素子12は、光導通管10a、10bを通して基板上での膜厚を光学的に測定する膜厚測定手段となるものである。

【0016】続いて、上記構成からなる基板研磨装置を用いて基板4を研磨する場合の手順について説明する。まず、研磨加工にあたっては、基板保持台5の上面に基

とをそれぞれ同方向に回転させる。次に、図示せぬスライドテーブルとともに基板保持台5を水平移動し、これによって研磨プレート2の下方に基板保持台5を配置する。このとき、研磨プレート2に装着された研磨パッド3と基板保持台5にセットされた基板4とが対向した状態となるため、この状態でノズル6から研磨剤を供給しつつ、主軸1とともに研磨プレート2を下降させる。

【0017】これにより、研磨プレート2と基板保持台5とが互いに同方向に回転した状態で、研磨パッド3が基板4の被加工面に所定の圧力で押し付けられる。このとき、基板保持台5が回転しながら図中左右方向に往復移動する。これにより、ノズル6から供給された研磨剤は、基板保持台5の回転によって基板4の被加工面上に拡散し、さらに基板4が研磨パッド3に圧接しつつ相対移動することで研磨剤が両者の間（圧接界面）に巻き込まれる。その結果、研磨パッド3と基板4とが研磨剤を介して擦れ合うようになるため、基板4の被加工面が研磨剤の化学的研磨作用と機械的研磨作用とによって研磨される。

【0018】この研磨加工中においては、先述した主軸1の下降動作に伴って洗浄ノズル9の先端部（洗浄液の噴出口）が基板4の被加工面に近接して対向配置され、この状態で洗浄ノズル9から洗浄液が噴射される。この洗浄液の噴射に伴い、洗浄ノズル9と対向する基板4の局部領域（洗浄領域）では、ノズル6から供給された研磨剤や研磨加工で発生する研磨屑、さらには研磨中に混入する異物等の測定阻害物15が除去される。これにより研磨加工中においては、洗浄ノズル9と対向する基板4の局部領域が、測定阻害物15の介在しない清浄な状態に保持されるようになる。

【0019】こうして清浄な状態に保持された基板4の局部領域に対しては、電源13からの電力供給に伴う発光素子11の駆動により、その発光素子11から出射された光が一方の光導通管10aを通して基板4の被加工面に照射される。その際、被加工面で反射した反射光

（戻り光）は他方の光導通管10bを通して受光素子12により受光される。このとき受光素子12からは、反射光の強さに応じた電気信号が出力され、さらにその出力信号がアンプ14で所定のレベルに増幅されて図示せぬ装置制御系に出力される。この出力信号に基づいて装置制御系では、例えば基板4のベースとなるシリコン基板4a上の所定膜4bの膜厚情報を取得し、その取得した膜厚情報が規定の膜厚に達した時点で研磨終点と判断し、研磨加工を終了する旨の制御信号を出力する。

【0020】そうすると、主軸1とともに研磨プレート2が上昇したのち、研磨プレート2と基板保持台5の回転が停止する。また、ノズル6からの研磨剤の供給と洗浄ノズル9からの洗浄液の噴射も停止する。これにより、基板4の被加工面から研磨パッド3が離開した状態

もに基板保持台5が初期位置に戻り、この時点で基板1枚あたりの一連の研磨加工が終了となる。ちなみに、研磨加工前の半導体ウエハの状態では、その膜厚分布が均一ではなく通常数%程度のバラツキをもっている。したがって、回転するウエハ上の膜厚を測定する場合は、受光素子12からの出力信号も数%程度変動したものであるため、実際には平均化等の信号処理を施す必要がある。

【0021】このように本実施形態の基板研磨装置においては、洗浄ノズル9による被加工面の洗浄領域に光導通管10a、10bの一端を臨ませて配置するだけで、膜厚測定用の光路を容易に確保でき、しかもその光導通管10a、10bが可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することができる。これにより、光路形成のための複雑なメカ機構や面倒な光軸調整等が不要になるとともに、基板研磨装置のいずれの箇所に対しても光導通管10a、10bを組み込むことで容易に膜厚測定用の光路を確保することが可能となる。また、光導通管10a、10bの管内では、外部と完全に遮断された状態で光が誘導されることから、外乱光等のノイズに対しても十分に強い膜厚測定系（光学系）を構築することができる。さらに、光導通管10a、10bを適宜曲げて取り付けることにより、膜厚測定のための光学素子（発光素子11、受光素子12等）やその付属機器（電源13、アンプ14等）の取付位置を任意に設定することができるため、設置スペースの制約が大幅に緩和される。これにより、各種の基板研磨装置（CMP装置）に対して、所望の位置に容易に膜厚測定系を搭載することが可能となる。

【0022】図2は基板研磨装置に対する膜厚測定系の搭載例を示す図である。まず、図2（a）の搭載例においては、基板研磨装置の固定ベース16に支持アーム17を介して中空部材8が支持されており、この中空部材8の下端からノズル先端部を突出した状態で洗浄ノズル9が取り付けられている。また、洗浄ノズル9には、先の図1（b）と同様に光導通管10a、10bの一端側が挿入配置されている。そして、研磨加工中においては、基板保持台5に保持された基板4に近接したかたちで洗浄ノズル9の先端部が対向配置され、上記同様に光導通管10a、10bを介した光学測定により基板4上の膜厚が測定される構成となっている。

【0023】これに対して、図2（b）の搭載例においては、基板保持台5を搭載してなるスライドテーブル19に支持アーム20を介して中空部材8が支持され、この中空部材8に先の図1（b）と同様に洗浄ノズル9及び光導通管10a、10bが組み込まれた構成となっている。

【0024】一方、図2（c）の搭載例では、基板保持台5の下面側に吸着保持した基板4を、その基板直径の

に上方から押し当てるタイプの基板研磨装置に対して、研磨プレート2に洗浄ノズル9を埋設し、研磨加工時に研磨プレート2と基板保持台3とが回転した際に洗浄ノズル9の先端部が基板5に近接して対向する構成となっている。

【0025】このうち、図2(a)の搭載例では、固定ベース16によって位置的に固定された洗浄ノズル9に対して、研磨加工中に基板保持台5が回転しながら図中矢印方向に往復移動することから、膜厚測定に際しては、図3(a)に示すように、基板4の被加工面を全面にわたってスパイラル状にモニターすることができる。また、基板4の被加工面上での膜厚測定ポイントについては、基板保持台5の往復移動方向における位置とその回転角度から算出することで特定することができる。こうした点は、先の図1に示した基板研磨装置についても同様のことが言える。

【0026】これに対して、図2(b)の搭載例では、基板保持台5を搭載したスライドテーブル19が往復移動した際、これと一体になって洗浄ノズル9が移動することから、研磨加工中においてはスライドテーブル19の移動方向において基板4と洗浄ノズル9との相対位置が一定に保持される。これにより、膜厚測定に際しては、図3(b)に示すように、基板4の中心から所定量だけ離れた同心円上の位置を常にモニターすることができる。また、図2(b)において、基板保持台5の直径方向に対して中空部材8を移動可能に支持することにより、基板4の直径方向において膜厚測定ポイントを任意の位置に変更することが可能となる。こうした測定環境では、デバイスパターンを有する半導体ウエハを研磨する際に常に特定の部分をモニターすることで、パターン下地(シリコン、配線アルミ等)の影響を受けずに膜厚を光学的に測定することが可能となる。また、半導体ウエハのエッジ部分は他の部分よりも過剰に研磨されてしまう場合もあるため、そうした過剰研磨を未然に防止するためのモニターとしても有効に利用することができる。

【0027】一方、図2(c)の搭載例では、研磨プレート2が一回転するたびに、これに埋設された洗浄ノズル9がそれぞれ異なる軌跡で基板4の被加工面上を通過することから、膜厚測定に際しては、図3(c)に示すように、基板4の被加工面を全面にわたってランダムにモニターすることができる。

【0028】ところで、半導体ウエハの製造工程においては、図4(a)に示すように、シリコン基板20上にパターン形成した凹凸状の層間絶縁膜21の上に、例えば銅(Cu)からなる金属膜22を積層し、その金属膜22の凹凸部分をCMP装置で平坦化研磨したり、図4(b)に示すように、シリコン基板23上にパターン形成した金属配線24の上に層間絶縁膜25を積層し、その層間絶縁膜25の凹凸部分をCMP装置で平坦化研磨し、これらの組み合わせによって多層配線構造を実現している。

【0029】その際、図4(a)に示すように金属膜22等の反射膜を研磨する場合は、これを研磨していく過程で下地材料の層間絶縁膜21が露出し、これによって被加工面での反射率が大きく変化することから、その変化点を検出することで研磨終点を的確に検出することができる。

【0030】これに対して、図4(b)に示すように層間絶縁膜25等の透過膜を規定の膜厚になるように研磨する場合は、その研磨過程において上述のように反射率が大きく変化する点が現れないため、そうした場合は以下のように多重干渉反射の原理に基づく計算式から膜厚を求め、これによって得られた膜厚が規定の膜厚に達した時点で研磨終点と判断する。

【0031】図5は多重干渉反射法に基づく膜厚測定の原理を説明するための図である。

【0032】図5は多重干渉反射法に基づく膜厚測定の原理を説明するための図である。

先ず、 λ :波長

ϕ :入射角

d :膜厚

F :膜の屈折率

S :下地(シリコン)の屈折率

とすると、多重干渉反射の式により反射率: R は以下の数1式のように表される。

【0033】

【数1】

$$R = \frac{(1+F^2)*(F^2+S^2)-4*F^2*S+(1-F^2)*(F^2-S^2)*\cos D}{(1+F^2)*(F^2+S^2)+4*F^2*S+(1-F^2)*(F^2-S^2)*\cos D}$$

【0034】さらに上記数1式を展開すると、以下の数2式のようになる。

【0035】

【数2】

$$\cos D = \frac{R*[(1+F^2)*(F^2+S^2)+4*F^2*S]-[(1-F^2)*(F^2-S^2)-4*F^2*S]}{(1-R)*(1-F^2)*(F^2-S^2)}$$

【0036】ここで、 $D=4\pi \cdot d \cdot (F^2-S^2) \cdot \sin^2 \phi$ であり、垂直入射の場合($\phi=0^\circ$)の $D=4\pi \cdot d \cdot F^2$ を上記数2式に代入すると、膜厚:

ば、反射率: R の関数として算出することができる。

【0037】

【数3】

$$d = \frac{\lambda}{4\pi \cdot F} \cdot \cos^{-1} \frac{R \cdot [(1+F^2) \cdot (F^2+S^2) + 4 \cdot F^2 \cdot S] - [(1+F^2) \cdot (F^2+S^2) - 4 \cdot F^2 \cdot S]}{(1-R) \cdot (1-F^2) \cdot (F^2-S^2)}$$

【0037】但し、数3式において \cos^{-1} は周期 2π の関数であるため、一つの反射率から膜厚： d の解が $\lambda/2F$ おきに複数個存在することになる。そこで、それらの複数個の解を、以下に述べる(1)～(4)のいずれかの方法で1個の解に限定して膜厚： d を特定する。

- (1) 公差範囲の限定により特定する方法
- (2) 2波長を用いた測定により特定する方法
- (3) 偏光によるP偏光成分とS偏光成分の反射率変化から特定する方法
- (4) 入射角変化による反射率変化から特定する方法

【0038】ここで、上述のように層間絶縁膜等の透過膜を研磨する場合、研磨終点を的確に検出するには、細かい時間刻みで膜厚をリアルタイムに測定する必要がある。そうした場合、膜厚算出のための演算についてもその時間刻みに対応して頻繁に行うことになるため、演算処理が非常に複雑になってしまう。そこで本発明においては、後述するような方法によって研磨終点を検出することとした。

【0039】まず、透過膜の膜厚を多重干渉反射の原理に基づいて光学的に測定する場合、その反射率曲線は干渉縞の存在によって正弦波となる。このとき、反射率曲線の変曲点(ピーク、ボトム)の間隔は、 $\lambda/4 \cdot Nf$ (λ ：発光波長、 Nf ：膜の屈折率)で表されるから、その間の膜厚は膜種と発光源に依存したものとなる。図6及び図7は発光源での発光波長が632.8nmと685nmの場合において、それぞれの膜種ごとに膜厚と反射率の関係を示すもので、図6(a)はSiN(窒化シリコン)/Si(シリコン)からなる膜種、図6(b)はP-Si(ポリシリコン)/SiO₂(酸化シリコン)からなる膜種、図7(a)はSiO₂/Siからなる膜種、図7(b)はP-Si/SiO₂からなる膜種の場合の反射率曲線を示している。これらの図からも、反射率曲線の変曲点間(ピークとボトムの間)における膜厚が、膜種と発光源に依存することが理解できる。

【0040】図8は膜種ごとに発光波長と変曲点(ピークボトム)間膜厚の関係を表形式で示したものである。ここで、膜厚測定の対象となる膜種がSiO₂で、かつ発光波長が660nmのLEDを採用した場合、その反射率曲線のピークボトム間の膜厚は113.32nmとなって求まる。したがって、基板研磨中においては、反射率曲線の変曲点(ピーク、ボトム)を検出することにより、基板上の膜厚を113.32nmの厚みピッチで正確に求めることが可能となる。

【0041】ちなみに、反射率曲線の変曲点を検出するにあたっては、その中心波長さえ安定していれば良い

を採用しなくても、図9に示すように、その中心波長となる660nmで安定した発光強度が得られるコヒーレンスの低い汎用LEDで充分に対応できる。

【0042】そこで本発明の方法では、研磨加工中に多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出することにより、上述した計算式にしたがってその検出時点での透過膜の残膜厚を算出するとし、その後、反射率曲線の変曲点を検出されるまでの間、つまり透過膜の膜厚がその膜種と発光波長に対応した膜厚分だけ減少するまでの間は、透過膜の膜厚算出を行わず、その間は時間管理によって透過膜の残膜厚を推定することで研磨終点を検出することとした。

【0043】ここで、例えば基板研磨装置の性能によって決まる研磨量の時間的な変動(研磨レートの変動)が±5%であるとする、この変動成分は図10に示すように基板(ウエハ)を一枚研磨するごとに現れるため、単に時間管理だけで研磨終点を検出すると、例えば1000nmを研磨加工する際の加工量絶対値の誤差は±50nmにもなってしまう。こうした加工誤差は、加工量(加工時間)が増大するほど大きくなり、また連続して多数枚の基板を研磨する場合はさらに大きな誤差となつて現れる。

【0044】これに対して本発明の方法では、反射率曲線の変曲点の検出による膜厚算出と時間管理との組み合わせによって研磨終点を検出するようにしているため、膜厚算出のための演算処理は反射率曲線の変曲点を検出したときだけ行えばよく、またその検出時点で透過膜の残膜厚を正確に把握できることから、反射率曲線の変曲点(ピークボトム)間の膜厚ピッチ毎に区切って透過膜の残膜厚を時間管理により推定することで、研磨終点を的確に検出することが可能となる。その結果、膜厚算出のための演算処理を頻繁に行わなくても、加工量や加工枚数にかかわらず、加工量絶対値の誤差を格段に小さくすることができる。

【0045】このことから、例えばSiO₂膜を1000nmだけ研磨加工する場合、装置性能による研磨レートの変動が±5%であったとしても、発光波長が660nmのLEDを採用した場合の反射率曲線のピークボトム間の膜厚が113.32nmであるため、この膜厚ピッチ毎に区切って時間管理することで加工量絶対値の幅を11.33以内を抑えることができる。これを加工量絶対値の精度に換算すると±0.56%となることから、装置性能の10分の1以下の精度で加工量絶対値を管理できることになる。

【0046】さらに好適な方法としては、上述の如く多重干渉反射の原理に基づいて反射率曲線の変曲点を検出

その直前に検出した反射率曲線の変曲点の検出時における透過膜の残膜厚とに基づいて直前の研磨レートを求め、この求めた直前の研磨レートを用いて、次に反射率曲線の変曲点を検出するまでの間の透過膜の残膜厚を推定することで研磨終点を検出することにより、加工量絶対値の幅を小さくすることができる。

【0047】具体的には、反射率曲線の変曲点を順次検出していく過程で、任意の検出時点で算出された透過膜の残膜厚が「 d_1 」で、その次の検出時点で算出された透過膜の残膜厚が「 d_2 」で、その間の所要時間が

「 t 」であった場合、時間「 t 」における研磨レートを「 $(d_1 - d_2) / t$ 」により求める。その後、反射率曲線の変曲点を検出するまでの間は時間管理により透過膜の膜厚を検出することになるが、その時間管理の際に上述の如く求めた研磨レートを採用することで、装置性能による研磨レートの変動分を最小限に抑えることができるため、加工量絶対値の精度をより一層向上させることが可能となる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように本発明の基板研磨装置によれば、洗浄手段による被加工面の洗浄領域に光導通管の一端を臨ませて配置するだけで膜厚測定用の光路を確保でき、しかもその光導通管が可撓性を有することから膜厚測定用の光路を自在に曲げて形成することができる。これにより、光路形成のための複雑なメカ機構が不要になるとともに、基板研磨装置のいずれの箇所に対

しても光導通管を組み込むことで容易に膜厚測定用の光路を確保することが可能となる。また、光導通管の可撓性を利用して膜厚測定手段の取付位置を任意に設定することが可能となるため、設置スペースの制約も大幅に緩和される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる基板研磨装置の一実施形態を説明する図である。

【図2】基板研磨装置に対する膜厚測定系の搭載例を示す図である。

【図3】図2の搭載例に対応した膜厚測定のモニター状態を示す図である。

【図4】測定対象となる膜構造の一例を示す図である。

【図5】膜厚測定原理を説明するための図である。

【図6】膜厚と反射率の関係を示す図（その1）である。

【図7】膜厚と反射率の関係を示す図（その2）である。

【図8】発光波長と変曲点間膜厚の関係を示す図である。

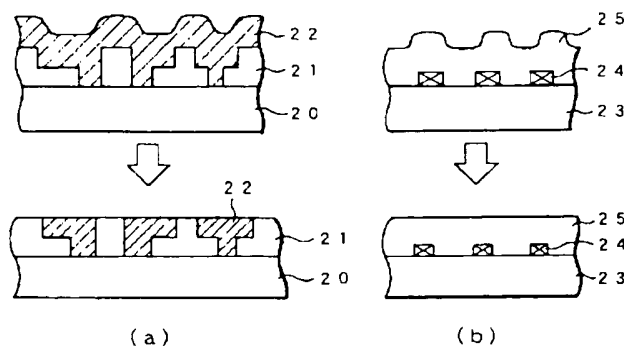
【図9】LEDの発光波長の一例を示す図である。

【図10】研磨レートの変動例を示す図である。

【符号の説明】

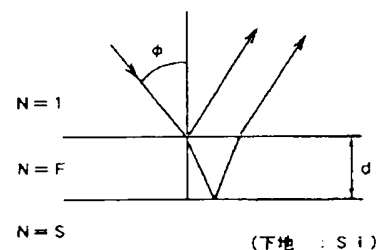
2…研磨プレート、3…研磨パッド、4…基板、5…基板保持台、9…洗浄ノズル、10a、10b…光導通管、11…発光素子、12…受光素子

【図4】



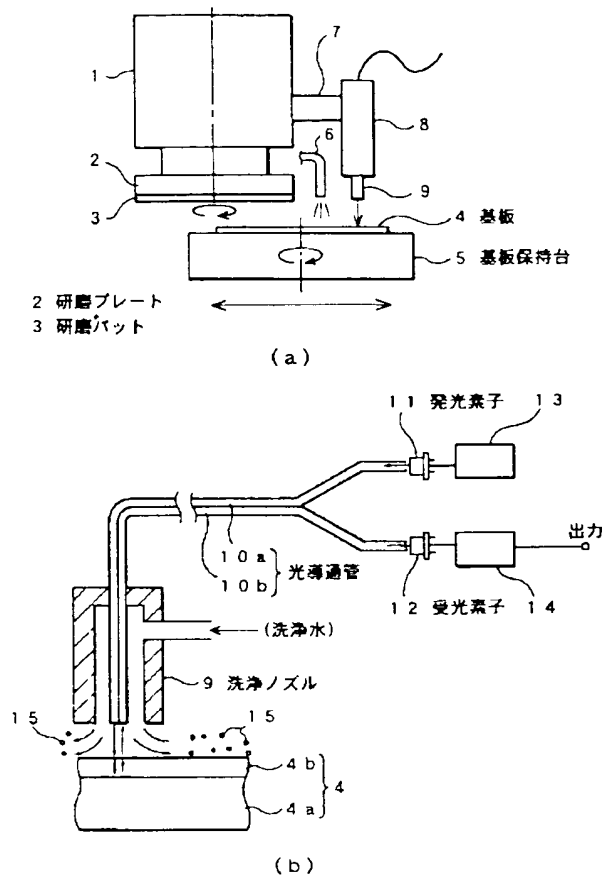
膜構造の一例を示す図

【図5】



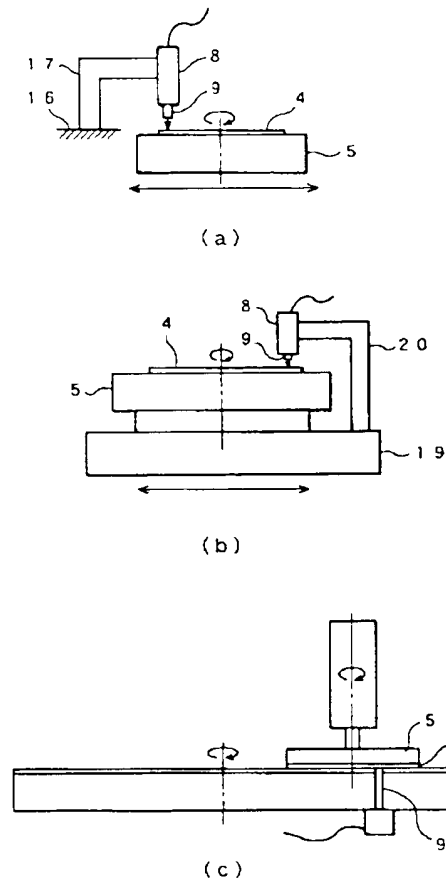
膜厚測定原理を説明するための図

【図1】



本発明に係る基板研磨装置の一実施形態を説明する図

【図2】



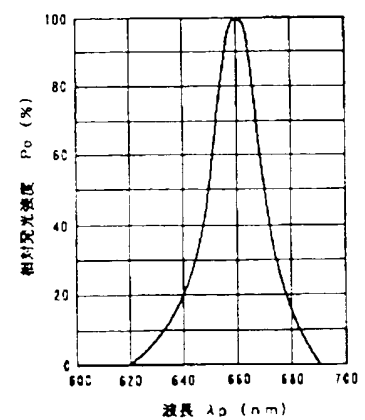
膜厚測定系の搭載例を示す図

【図8】

膜種	屈折率 (Nf)	波長 <nm>	ピークボトム間膜厚 <nm>
SiO ₂	1.456	632.8 (He-Ne)	108.65
		660 (LED)	113.32
SiN	1.987	632.8 (He-Ne)	79.62
		660 (LED)	83.04
P-Si (ポリシリコン)	2.000	632.8 (He-Ne)	79.10
		660 (LED)	82.50

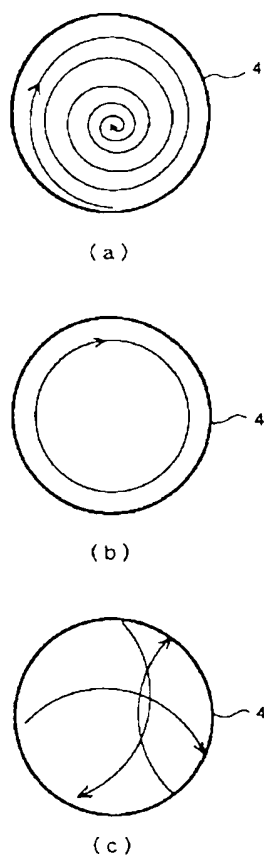
発光波長と変曲点間膜厚の関係を示す図

【図9】



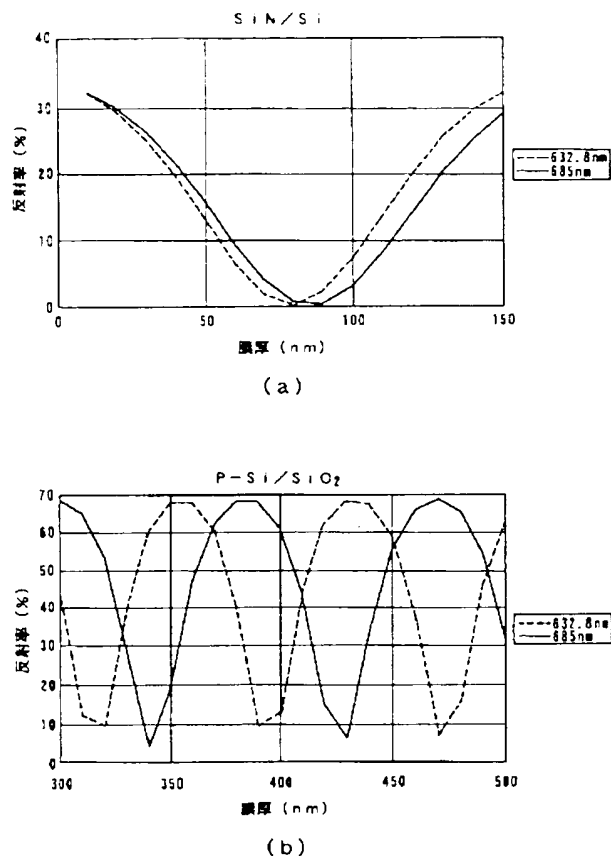
LEDの発光波長の一例を示す図

【図3】



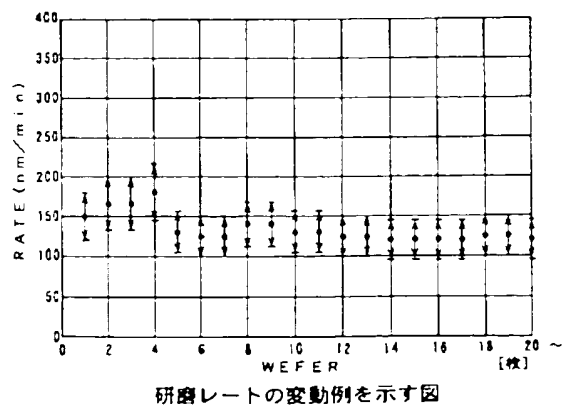
膜厚測定モニター状態を示す図

【図6】



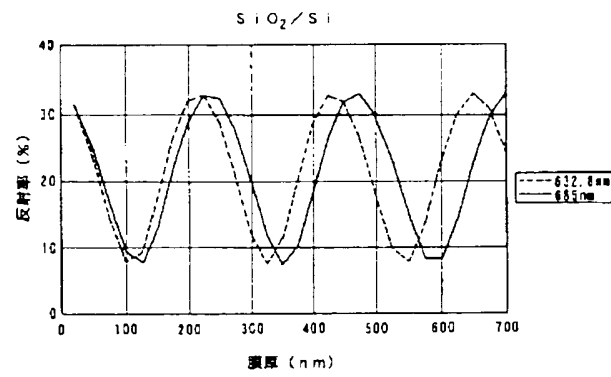
膜厚と反射率の関係を示す図（その1）

【図10】

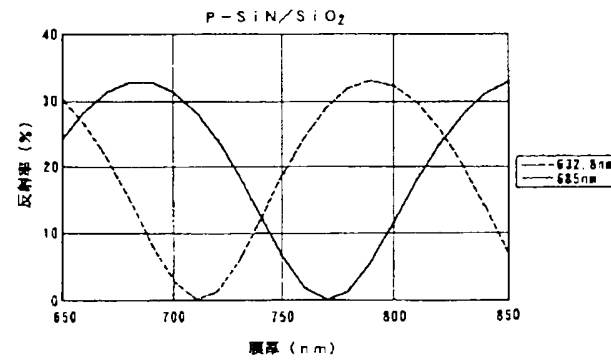


研磨レートの変動例を示す図

【図7】



(a)



(b)

膜厚と反射率の関係を示す図 (その2)